



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 199 53 300 A 1**

⑤1 Int. Cl. 7: **BF**  
**H 01 J 37/244**  
H 01 J 37/28  
H 01 J 49/46

⑳ Aktenzeichen: 199 53 300.8  
㉒ Anmeldetag: 5. 11. 1999  
㉔ Offenlegungstag: 25. 5. 2000

DE 199 53 300 A 1

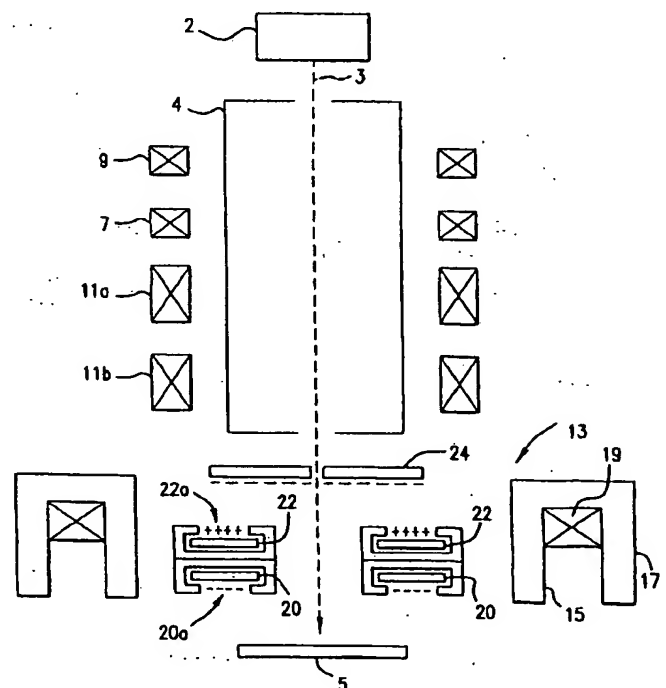
③0 Unionspriorität:  
196456 19. 11. 1998 US  
  
㉑ Anmelder:  
Schlumberger Technologies Inc., San Jose, Calif.,  
US  
  
㉓ Vertreter:  
Sparing . Röhl . Henseler, 40237 Düsseldorf

㉗ Erfinder:  
Braun, Keneth H., Littleton, Mass., US; Casa, Neil S.,  
Arlington, Mass., US; Duval, Paul J., Lexington,  
Mass., US; Into, Stephen W., Harvard, Mass., US;  
Rosenberg, Ira, Andover, Mass., US; Vayner,  
Vladimir, Needham, Mass., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Instrument zum Detektieren von geladenen Teilchen

⑤7 Ein Instrument, das von einer Probe emittierte höher-energetische geladene Teilchen und niederenergetische geladene Teilchen detektiert. Die geladenen Teilchen werden mit einem Detektor für höhere Energie und mit einem Detektor für niedrigere Energie detektiert. Die niederenergetischen geladenen Teilchen werden durch den Detektor für höhere Energie und/oder durch eine Ablenkeinrichtung in den Detektor für niedrigere Energie gelenkt, wobei diese Komponenten unabhängig, gleichzeitig und in einer für das Detektieren effizienten Weise geeignet in bezug aufeinander und in bezug auf das Instrument zum Detektieren der höherenergetischen geladenen Teilchen und der niederenergetischen geladenen Teilchen ausgerichtet sind.



DE 199 53 300 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Instrument zum Detektieren von geladenen Teilchen nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Es sind verschiedene Instrumente bekannt, die sich zum Ableiten der Eigenschaften einer Probe auf die Emission geladener Teilchen von der Probe stützen. Beispiele solcher Instrumente sind ein Elektronenmikroskop (z. B. ein Rasterelektronenmikroskop "SEM") und ein fokussiertes Ionenstrahlmikroskop, die einen geladenen Teilchenstrom auf die Probe richten, sowie ein Massenspektrometer, das verschiedene wohlbekannte Einrichtungen zum Erzeugen der Emission der geladenen Teilchen von der Probe verwendet.

Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich beispielhaft auf ein SEM, sind jedoch ohne weiteres auch auf andere Instrumente wie etwa auf die oben erwähnten anwendbar und übertragbar.

Ein SEM arbeitet in der Weise, daß es einen Primärabstastelektronenstrahl erzeugt, der auf eine Probe auftrifft, von der eine Oberfläche abgebildet werden soll. Im Ergebnis werden von der Probenoberfläche Rückstreu- und Sekundärelektronen emittiert, deren jeweilige Trajektorien entlang des (als Axialrichtung bezeichneten) Strahls liegen und unter Winkeln von ihm divergieren. Die emittierten Elektronen werden von einem in der Nähe der Probenoberfläche angeordneten Detektor gesammelt. Der Detektor erzeugt ein Signal von der während des Bestrahlens mit dem Elektronenstrahl gesammelten Elektronenemission von der Probenoberfläche. Das Signal von dem Detektor wird verwendet, um ein Bild der Oberfläche auf einem Videobildschirm anzuzeigen.

Eine typische Anordnung der Hauptkomponenten eines SEMs ist schematisch in Fig. 6 gezeigt. Die Elektronenquelle 2 erzeugt einen Elektronenstrahl 3, der durch aufeinander ausgerichtete Öffnungen an den gegenüberliegenden Enden des Rohrs 4 auf die Probe 5 gerichtet ist. Der Detektor 6 sammelt die von der Probe 5 emittierten Elektronen. Der Strahl 3 wird durch die Stigmator-Spulen 7, durch die Ausrichtspulen 9, durch die Abstastspulen 11a und 11b und durch die Linse 13 gesteuert. Die Funktion dieser Komponenten ist wohlbekannt. Kurz gesagt, dienen die Stigmator-Spulen 7 zur Korrektur der Form des Strahls. Die Ausrichtspulen 9 dienen zum Ausrichten des Strahls auf das Rohr 4. Die Abstastspulen 11a bzw. 11b lenken den Elektronenstrahl 3 in einer zur Strahlrichtung senkrechten Ebene in zwei Richtungen, wie etwa in einer x-Richtung und in einer y-Richtung, ab. SEMs können jede dieser Komponenten mehr als einmal enthalten.

Die Linse 13 dient dazu, den Elektronenstrahl zum Ermöglichen einer hochauflösenden Abbildung auf einen sehr kleinen Fleck zu fokussieren. Wie wohlbekannt ist, kann die Linse 13 eine magnetische oder eine elektrostatische Linse oder eine Kombination beider sein. Genauer kann die Linse 13 eine Immersionslinse sein, die, wie schematisch in Fig. 6 gezeigt ist, einen ringförmigen, kanalförmigen magnetischen Polschuh mit einem Linseninnenpol 15, einem Linsenaußenpol 17 und einer Wicklungsspule 19 in dem Kanal enthält.

Wegen seiner hohen Auflösung und Abbildungsgenauigkeit besitzt ein SEM viele Anwendungen. Die Abbildung wird durch Erfassen eines Signals wie etwa der Elektronenemission von der Probe ausgeführt. Die in SEMs verwendeten Detektoren umfassen Halbleiter, Szintillatoren, Mikrokanalplatten, Mikrosphärenplatten und Gasionendetektoren. Diese Detektoren können sowohl Rückstreu- als auch Sekundärelektronen sammeln (wobei dieser Begriff hier synonym mit detektieren, lesen, abstasten verwendet wird), wobei ihr Ausgangssignal eine zusammengefaßte Angabe bei-

der liefert. Für bestimmte Anwendungen ist es jedoch nützlich, gleichzeitig getrennte Angaben der Rückstreu- und der Sekundärelektronen zu erhalten.

US 5 493 116 offenbart eine Anordnung zum gleichzeitigen Erhalten getrennter Angaben der Rückstreu- und der Sekundärelektronen. Über der Probenoberfläche befinden sich ein oberer und ein unterer Detektor, wobei eine Geometrie verwendet wird, die eine räumliche Filterwirkung erzeugt, so daß der untere Detektor im wesentlichen die Sekundärelektronen liest, während der obere Detektor im wesentlichen die Rückstreu- und Sekundärelektronen liest. Zu dieser räumlichen Filterwirkung kommt eine Energiefilterwirkung hinzu, die verhindert, daß die Sekundärelektronen den oberen Detektor erreichen. Genauer ist die untere Oberfläche des oberen Detektors negativ um etwa -300 V vorgespannt, so daß die niederenergetischen Sekundärelektronen von dem oberen Detektor abgestoßen werden, während die hochenergetischen Rückstreu- und Sekundärelektronen im wesentlichen unbeeinflusst bleiben. Die Energie der Rückstreu- und Sekundärelektronen kann gleich der Energie des Elektronenstrahls sein, während die Sekundärelektronen eine wesentlich niedrigere Energie haben. Falls die Energie des Elektronenstrahls z. B. 1000 eV beträgt, sind die Sekundärelektronen gemäß der herkömmlichen Definition jene Elektronen, deren Energie unter 50 eV liegt, während Rückstreu- und Sekundärelektronen jene sind, deren Energie über 50 eV bis zu 1000 eV liegt.

Obgleich diese Anordnung erfolgreich verhindert, daß die Sekundärelektronen den oberen Detektor erreichen, besitzt sie mehrere Nachteile. Wenn z. B. die Sekundärelektronen von dem oberen Detektor, dem RSE-Detektor, nach unten abgestoßen werden, gehen sie "verloren", da die aktive Fläche des unteren Detektors, des SE-Detektors, nach unten zeigt und sie nicht sammeln kann. Da die Geometrie außerdem so beschaffen ist, daß der obere Detektor unter einem beträchtlichen Abstand von der Probe entfernt oben im Rohr angeordnet ist, kann er einen signifikanten Prozentsatz der Rückstreu- und Sekundärelektronen nicht sammeln. Ferner werden bei dieser Geometrie und/oder bei anderen bekannten Geometrien auch die axial bzw. achsnah (z. B. innerhalb 10° der Strahlachse) liegenden Sekundärelektronen nicht gesammelt.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Instrument nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 zu schaffen, das ermöglicht, durch Bereitstellen einer Zweimodus-Erfassungsfähigkeit für geladene Teilchen gleichzeitig getrennte Angaben der höherenergetischen geladenen Teilchen und der niederenergetischen geladenen Teilchen zu erhalten.

Diese Aufgabe wird entsprechend dem kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 gelöst.

Hierdurch lassen sich nicht nur höherenergetische und niederenergetische geladene Teilchen unabhängig und gleichzeitig detektieren, sondern es ist auch möglich, das Sammeln aller emittierten geladenen Teilchen zu maximieren, die Anzahl der gesammelten niederenergetischen geladenen Teilchen ohne Vermindern der Anzahl der gesammelten höherenergetischen geladenen Teilchen zu maximieren, geladene Teilchen zu sammeln, die bei einer Zwei-Modus-Elektronendetektion andernfalls verlorengehen würden, und das Sammeln der emittierten geladenen Teilchen mit axialen und achsnahen Trajektorien zu maximieren.

Ein Instrument, das von einer Probe emittierte höherenergetische und niederenergetische geladene Teilchen detektiert, umfaßt einen Detektor für höhere Energie, der die höherenergetischen geladenen Teilchen detektiert, und einen Detektor für niedrigere Energie, der die niederenergetischen geladenen Teilchen detektiert. Eine Ablenkeinrichtung ist so beschaffen, daß sie die niederenergetischen geladenen Teilchen zu dem Detektor für niedrigere Energie ablenkt, während der Detektor für niedrigere Energie so beschaffen ist,

daß er die abgelenkten niederenergetischen geladenen Teilchen detektiert.

Der Detektor für höhere Energie kann so beschaffen sein, daß er die niederenergetischen geladenen Teilchen zu dem Detektor für niedrigere Energie ablenkt, während der Detektor für niedrigere Energie so beschaffen sein kann, daß er die abgelenkten niederenergetischen geladenen Teilchen detektiert.

Der Detektor für höhere Energie kann eine Einrichtung enthalten, die die niederenergetischen geladenen Teilchen zu dem Detektor für niedrigere Energie ablenkt, wobei der Detektor für niedrigere Energie auf die Ablenkeinrichtung ausgerichtet sein kann.

Die niederenergetischen geladenen Teilchen können in neu emittierte geladene Teilchen umgesetzt werden, die auf den Detektor für niedrigere Energie ausgerichtet sind, während der Detektor für niedrigere Energie in der Weise ausgerichtet sein kann, daß er die neu emittierten geladenen Teilchen sammelt. Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind der nachfolgenden Beschreibung und den Unteransprüchen zu entnehmen.

Die Endung wird nachstehend anhand von in den beige-fügten Abbildungen dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Fig. 1 ist ein schematischer Querschnitt eines SEMs mit einem Instrument, das einen Sekundärelektronendetektor und einen Detektor für Rückstreuelektronen umfaßt;

Fig. 2A, 2B zeigen weitere Ausführungsformen des Instruments;

Fig. 3 bis 5 zeigen jeweils weitere Ausführungsformen des Instruments;

Fig. 6 zeigt ein bekanntes SEM.

Fig. 1 sowie die nachfolgenden Figuren identifizieren die Komponenten des SEMs, die mit Ausnahme der Detektoren, die für jede Ausführungsform einzeln bezeichnet sind, die gleichen Komponenten sind, wie sie in Fig. 6 mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet sind. In Fig. 1 ist eine Anordnung zweier Detektoren in der Nähe der Probe 5 gezeigt. Der Begriff "Detektoreinheit", wie er hier verwendet wird, umfaßt einen Detektor, d. h. die aktive Vorrichtung, die wie die zuvor aufgelisteten Vorrichtungen die Elektronen sammelt, und sein Gehäuse. Die Vorderseite des Gehäuses ist zum Belichten des Detektors offen. Der Rest des Gehäuses ist typischerweise geschlossen. Der Detektor und das Gehäuse sind voneinander isoliert. Bekannt ist es, daß das Gehäuse normalerweise geerdet ist, während der Detektor für einen Rückstrahlungsdetektor ("RSE"-Detektor) negativ und für einen Sekundärelektronendetektor ("SE"-Detektor) positiv vorgespannt ist. Die aktive Fläche der Detektoreinheit liegt an der Vorderseite des Gehäuses.

Insbesondere zeigt Fig. 1 eine Anordnung, bei der die planaren Detektoreinheiten Rücken an Rücken liegen. Der Detektor 20 ist ein RSE-Detektor, während der Detektor 22 ein SE-Detektor ist. Die Vorderseite 20a des RSE-Detektors 20 zeigt nach unten zu der Probe 5, während die Vorderseite 22a des SE-Detektors 22 nach oben zu der Elektronenquelle 2 zeigt. Über dem SE-Detektor 22 liegt eine Ablenkeinrichtung 24.

Wenn die Rückstreuelektronen von der Probe 5 emittiert werden, werden diejenigen, die innerhalb eines Akzeptanzwinkels außeraxial liegen, durch den RSE-Detektor 20 gesammelt. Die axialen und achsnahen Sekundärelektronen werden von der Ablenkeinrichtung 24 abgestoßen und somit zum SE-Detektor 22 gelenkt.

Die Detektoren 20 und 22 sind zusammen mit der Ablenkeinrichtung 24 in der Nähe der Probe 5 auf den unteren Teil des SEMs ausgerichtet. Die Lokalisierung dieser Bauteile ist in bestimmtem Umfang durch Gehäusebetrachtung

gen bestimmt, da sie in dem in einem zuvor konstruierten SEM noch zur Verfügung stehenden Raum untergebracht werden müssen. Weitere Betrachtungen können die Sammeleffizienz und die Art der interessierenden Elektronen betreffen. Zum Beispiel sollte der Innendurchmesser der Ablenkeinrichtung 24 so nah wie möglich bei dem Durchmesser des Strahls 3 liegen, ohne jedoch den Strahl zu stören. Bei dieser Anordnung werden zum Maximieren der Sammlung von Sekundärelektronen durch die Ablenkeinrichtung 24 sogar achsnahe Elektronen zum Detektor 22 abgestoßen. Die Innendurchmesser der zwischen der Probe 5 und der Ablenkeinrichtung 24 liegenden Detektoren 20 und 22 sollten andererseits verhältnismäßig größer als der der Ablenkeinrichtung 24 sein, um zu ermöglichen, daß axiale und achsnahe Elektronen (die zusammen als "nahezu axial" bezeichnet werden) die Nähe der Ablenkeinrichtung 24 erreichen, so daß sie zum Detektor 22 gelenkt werden können. Außerdem sollte die aktive Fläche des Detektors 20 groß genug bemessen sein, um einen ausreichenden Akzeptanzraumwinkel zu schaffen. Außerdem können diese Komponenten auch höher in dem Rohr angeordnet werden. Für einige Anwendungen wird z. B. eine Anordnung bevorzugt, bei der es wünschenswert ist, mehr nahezu axiale Elektronen zu sammeln.

Die Ablenkeinrichtung 24 ist in der Zeichnung als planar gezeigt. Dies dient jedoch lediglich zur Vereinfachung der Darstellung der Erfindung in der Zeichnung. Tatsächlich kann die Ablenkeinrichtung 24 beliebig geformt sein und eine beliebige mit einem Spannungspotential beaufschlagte leitende Oberfläche sein. Die Form ist wegen der Sammeleffizienz in einer wohlbekannten Weise optimiert. Die Spannung an der Ablenkeinrichtung 24 kann eingestellt werden und wird in der Weise angepaßt, daß das Sammeln optimiert wird. Die Detektoren 20 und 22 sind ebenfalls planar gezeigt, wobei sie jedoch kompakt, mehrteilig, konisch oder sphärisch sein können oder irgendeine andere Form besitzen können. Die Gehäuse der Detektoren 20 und 22 stehen in der Darstellung im Kontakt miteinander. Jedoch können sie ebenfalls voneinander beabstandet sein.

Eine Abwandlung der in Fig. 1 gezeigten Anordnung besteht darin, die Ablenkeinrichtung 24, die die Sekundärelektronen ablenkt, gegen ein Konvertierungstarget auszutauschen, das die Sekundärelektronen anzieht, so daß sie auf seine Oberfläche auftreffen. Das Konvertierungstarget besteht aus einem Material mit einer niedrigen Elektronen-Austrittsarbeit (d. h. der Energie, die erforderlich ist, um die am wenigsten fest gebundenen Elektronen abzulösen) oder ist mit einem solchen Material beschichtet. Solche Materialien sind dem Fachmann auf dem Gebiet wohlbekannt, so daß keine Einzelheiten erforderlich sind. Das Konvertierungstarget ist geerdet oder mit einem Potential (z. B. mit der gleichen Spannung wie das Rohr) vorgespannt, das die geladenen Teilchen (z. B. die Elektronen) zum Target hin beschleunigt. Im Ergebnis des folgenden Aufpralls werden von der Oberfläche des Konvertierungstargets neue Sekundär- und Rückstreuelektronen emittiert, wobei diese durch die Potentialdifferenz zwischen dem Konvertierungstarget und dem Detektor zum Detektor 22 abgelenkt werden. Die Wirkung des Ablenkens der neu emittierten Elektronen kann durch zwischen dem Konvertierungstarget und dem Detektor liegende Beschleunigungsvorrichtungen erhöht werden, die, wie ein Güter oder ein Rohr, sämtlich wohlbekannt sind. Es wird angemerkt, daß ein gesondertes Konstruktionselement für das Konvertierungstarget in Fig. 1 nicht genauer gezeigt ist, da es lediglich an die Stelle der Ablenkeinrichtung 24 treten würde.

Wie im Kontext klar ist, bezieht sich der Begriff "Innendurchmesser" nicht nur auf die Abmessung, sondern auch

auf die Konstruktion, die diese Abmessung definiert.

Der Innendurchmesser der Ablenkeinrichtung 24 ist kleiner als der der Detektoren 20 und 22. Tatsächlich sollte der Innendurchmesser der Ablenkeinrichtung 24 so klein wie möglich sein, jedoch weiter ermöglichen, daß der Strahl 3 ohne Störung die Probe 5 erreicht. Diese Bemessung ermöglicht, daß die Ablenkeinrichtung 24 die Maximalzahl an axialen Sekundärelektronen zum SE-Detektor 22 lenkt. Außerdem sollte die aktive Fläche des SE-Detektors 22 groß genug sein, um die Maximalzahl der mittels der Ablenkeinrichtung 24 zu ihm gelenkten Sekundärelektronen zu sammeln. Ähnlich sollte die aktive Fläche des RSE-Detektors 20 so groß wie möglich sein, um die Maximalzahl der von der Probe 5 zu ihm emittierten Rückstreuielektronen zu sammeln.

In Fig. 2A ist der RSE-Detektor 30 der obere Detektor, während der SE-Detektor 32 der untere Detektor ist. Die Detektoren sind mit den Vorderseiten zueinander angeordnet. Das Gehäuse 31 des RSE-Detektors 30 ist negativ vorgespannt. Die negative Vorspannung an dem Detektor 30 kann von der negativen Vorspannung an seinem Gehäuse verschieden sein. Zum Beispiel ist die negative Vorspannung an dem Gehäuse einstellbar, wobei sie in der Weise angepaßt wird, daß sie das Sammeln optimiert, während die negative Vorspannung am Detektor 30 in der Weise eingestellt wird, daß sie die Energie der an jedem Detektor gesammelten Elektronen steuert.

Bei dieser Anordnung werden lediglich axiale und achsnahe Elektronen gesammelt. Was die Sekundärelektronen betrifft, lenkt sie die negative Vorspannung an dem Gehäuse des RSE-Detektors 30 zum SE-Detektor 32. Natürlich beeinflusst die negative Vorspannung die Rückstreuielektronen nicht signifikant.

Ein optionaler Zusatz zu der obenbeschriebenen Anordnung ist die Verwendung einer negativ vorgespannten zylindrischen Ablenkeinrichtung 34. Sie liegt in dem Zwischenraum zwischen den Detektoren 30 und 32 an deren Umfang. Ihre Funktion besteht darin, aus dem Zwischenraum herauslaufende Elektronen abzulenken. Diese andernfalls "verlorenen" Elektronen werden zurück zum Detektor 32 gelenkt, wo sie helfen, die gesammelten Elektronen zu maximieren.

Fig. 2A zeigt die Detektoren 30 und 32 in dem Rohr 4, wobei die exakte Lage jedoch von verschiedenen Faktoren in bezug auf die spezifische Anordnung des besonderen SEMs abhängt, in dem die Erfindung angewendet wird. Somit beschränkt dieses Gehäuse die Abmessung des Außendurchmessers des Detektors auf den Innendurchmesser des Rohrs 4. Im Gegensatz dazu zeigt Fig. 2B den RSE-Detektor 40 und den SE-Detektor 42, die einander gegenüberliegen, mit dem negativ vorgespannten Gehäuse 41, so, wie dies oben für die Spulen 30 und 32 und für das Gehäuse 31 in Fig. 2A beschrieben wurde. Die Detektoren 40 und 42 liegen jedoch außerhalb des Rohrs 4 und sind somit nicht durch dessen Abmessungen beschränkt. Genauer kann der Außendurchmesser des RSE-Detektors 40 und des SE-Detektors 42 größer als der Innendurchmesser des Rohrs 4 sein. Die große Größe ermöglicht eine größere aktive Detektorfläche, die wunschgemäß eine größere Anzahl von Elektronen sammelt. Optional kann außerdem eine zu der Ablenkeinrichtung 34 in Fig. 2A ähnliche negativ vorgespannte zylindrische Ablenkeinrichtung 44 verwendet werden.

Wie oben in Verbindung mit dem Detektor 24 aus Fig. 1 diskutiert wurde, können die Ablenkeinrichtungen 34 und 44 in den Fig. 2A und 2B durch Konvertierungstargets ersetzt werden.

Fig. 3 zeigt eine Anordnung der Detektoren 50 und 52, die in dem Sinn, daß die Detektoren unter dem Rohr 4 lie-

gen, daß der RSE-Detektor 50 über dem SE-Detektor 52 liegt und daß das Gehäuse 51 des RSE-Detektors 50 negativ vorgespannt ist, allgemein ähnlich zu den Detektoren 40 und 42 aus Fig. 2B ist. Der untere Detektor, der SE-Detektor 52, ist jedoch geneigt, so daß sein Innendurchmesser in der Nähe der Probe 5 liegt, während sein Außendurchmesser in der Nähe des RSE-Detektors 50 liegt. Die Form des SE-Detektors 52 kann konisch, sphärisch oder mehrteilig oder irgendeine andere wohlbekannte Form sein.

Diese Anordnung besitzt mehrere Vorteile. Während die Sekundärelektronen von dem RSE-Detektor 40 und von seinem Gehäuse in Fig. 2B abgestoßen werden, geht z. B. eine signifikante Anzahl bei Durchlaufen in Längsrichtung und beim Herauslaufen aus dem Zwischenraum zwischen den zwei Detektoren "verloren". Die geneigte Konfiguration des SE-Detektors 52 in Fig. 3 ermöglicht jedoch, seinen Außendurchmesser in die Nähe der Ebene des RSE-Detektors 50 zu legen, um die Größe des Zwischenraums, durch den die Sekundärelektronen entweichen können, zu minimieren. Somit ist es vorteilhaft, wenn der SE-Detektor 52 einen größeren Außendurchmesser als der RSE-Detektor 50 besitzt. Außerdem kann durch Neigen des SE-Detektors 52 seine aktive Fläche vergrößert werden, um den Elektronensammelwirkungsgrad zu erhöhen. Außerdem ist der RSE-Detektor 50 für die Rückstreuielektronen über einen größeren Akzeptanzraumwinkel "sichtbar".

Zur Anpassung an Gehäusebeschränkungen oder aus anderen Gründen, wie sie etwa oben diskutiert wurden, können die Komponenten 50 und 52 außerdem in dem Rohr 4 nach oben verschoben werden.

In Fig. 4 ist der SE-Detektor 60 zylindrisch und liegt unterhalb des ebenen RSE-Detektors 62. Dadurch, daß das Gehäuse negativ vorgespannt ist, ist der RSE-Detektor 62 ähnlich zu dem RSE-Detektor 50 aus Fig. 3. Der RSE-Detektor 62 besitzt einen weiteren Akzeptanzwinkel, wobei jedoch infolge seiner Ausrichtung wahrscheinlich weniger der von ihm abgestoßenen Sekundärelektronen von dem SE-Detektor 60 gesammelt werden. Um das Auftreten "verlorener" Elektronen zu reduzieren, kann aber der Zwischenraum zwischen den zwei Detektoren minimiert werden.

In Fig. 5 sind der RSE-Detektor 70 und der SE-Detektor 72 mit den Vorderseiten zueinander angeordnet, wobei sie jedoch beide eine konische oder sphärische Form besitzen. Das Gehäuse 71 ist negativ vorgespannt. Mit Ausnahme dessen, daß der obere Detektor, der RSE-Detektor 50 aus Fig. 3, von der ebenen Form in eine konische oder sphärische Form abgewandelt wurde, ist Fig. 5 ähnlich zu Fig. 3. Eine solche Anordnung kann eine optimierte Sammeleffizienz schaffen. Da für den oberen und für den unteren Detektor die gleiche Komponente verwendet werden kann, kann dies außerdem die Herstellung erleichtern und zu niedrigeren Kosten führen.

Für die Detektoren können in bezug auf das Rohr verschiedene vertikale Stellungen verwendet werden, wobei der Zwischenraum zwischen den Detektoren ebenfalls verändert werden kann. Außerdem können die horizontale Lage der Detektoren und der Ablenkeinrichtung in bezug zueinander ebenso wie die Bemessung der aktiven Fläche verändert werden. In ähnlicher Weise können die Spannungen an den Detektoren, an der Ablenkeinrichtung und am Gehäuse eingestellt werden. In gewissem Umfang hängen die Änderungen von Gehäusebedingungen ab, wobei in gewissem Umfang die Art der interessierenden Messung, d. h. axiale, außeraxiale, Sekundär- oder Rückstreuielektronen usw., die Geometrie vorschreibt. Wenigstens teilweise in Abhängigkeit von dem erwarteten Ergebnis könnte jeder Detektor durch unterteilte Detektoren oder getrennte Detektoren ersetzt werden. Außerdem könnte der Detektor anstatt

entlang des Strahls außermittig angeordnet sein.

#### Patentansprüche

1. Instrument zum Detektieren von geladenen Teilchen, die von einer Probe emittiert werden, wobei ein Detektor für höhere Energie zum Detektieren der höherenergetischen geladenen Teilchen und ein Detektor für niedrigere Energie zum Detektieren der niederenergetischen geladenen Teilchen vorgesehen sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Detektor für höhere Energie die niederenergetischen geladenen Teilchen zu dem Detektor für niedrigere Energie ablenkt, und der Detektor für niedrigere Energie die abgelenkten niederenergetischen geladenen Teilchen detektiert.
2. Instrument nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Detektor für höhere Energie die niederenergetischen geladenen Teilchen mit einem negativ vorgespannten Gehäuse ablenkt.
3. Instrument nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Detektor für höhere Energie, der weiter von der Probenoberfläche entfernt ist als der Detektor für niedrigere Energie, die niederenergetischen geladenen Teilchen ablenkt, um niederenergetische geladene Teilchen, die an dem Detektor für niedrigere Energie vorbeigelaufen sind, zurück zu ihm abzulenken.
4. Instrument nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Detektor für niedrigere Energie die abgelenkten niederenergetischen geladenen Teilchen mit einer aktiven Fläche detektiert, die in der Weise ausgerichtet ist, daß sie der höherenergetischen Elektrode gegenüberliegt.
5. Instrument nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die aktive Fläche der niederenergetischen Elektrode positiv vorgespannt ist.
6. Instrument nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Detektor für niedrigere Energie konisch oder sphärisch geformt ist, wobei sein Innendurchmesser näher bei der Probe und sein Außendurchmesser näher bei dem Detektor für höhere Energie liegt.
7. Instrument nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Außendurchmesser des Detektors für niedrigere Energie größer als der Außendurchmesser des Detektors für höhere Energie ist.
8. Instrument nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Innendurchmesser des Detektors für höhere Energie kleiner als ein Innendurchmesser des Detektors für niedrigere Energie ist.
9. Instrument nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß an einem Umfang eines Zwischenraums zwischen dem Detektor für höhere Energie und dem Detektor für niedrigere Energie eine Ablenkeinrichtung angeordnet ist.
10. Instrument nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Instrument ein Rasterelektronenmikroskop ist, die geladenen Teilchen Elektronen sind, die höherenergetischen Elektronen Rückstreuelektronen sind und die niederenergetischen Elektronen Sekundärelektronen sind.
11. Instrument zum Detektieren von höherenergetischen und niederenergetischen geladenen Teilchen, die von einer Probe emittiert werden, wobei ein Detektor für höhere Energie zum Detektieren der höherenergetischen geladenen Teilchen und ein Detektor für niedrigere Energie zum Detektieren der niederenergetischen geladenen Teilchen vorgesehen sind, dadurch gekennzeichnet, daß der Detektor für höhere Energie eine Ein-

richtung enthält, die die niederenergetischen geladenen Teilchen zu dem Detektor für niedrigere Energie ablenkt und der Detektor für niedrigere Energie auf die Ablenkeinrichtung ausgerichtet ist.

12. Instrument nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Instrument ein Rasterelektronenmikroskop ist, die geladenen Teilchen Elektronen sind, die höherenergetischen Elektronen Rückstreuelektronen sind und die niederenergetischen Elektronen Sekundärelektronen sind.

13. Instrument zum Detektieren von höherenergetischen und niederenergetischen geladenen Teilchen, die von einer Probe emittiert werden, wobei ein Detektor für höhere Energie zum Detektieren der höherenergetischen geladenen Teilchen, ein Detektor für niedrigere Energie zum Detektieren der niederenergetischen geladenen Teilchen vorgesehen sind, dadurch gekennzeichnet, daß eine Einrichtung, die die niederenergetischen geladenen Teilchen zu dem Detektor für niedrigere Energie ablenkt, vorgesehen und der Detektor für niedrigere Energie auf die Ablenkeinrichtung ausgerichtet ist.

14. Instrument nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Ablenkeinrichtung eine Fläche mit einem angelegten elektrischen Potential ist.

15. Instrument nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß sowohl der Detektor für höhere Energie als auch der Detektor für niedrigere Energie zwischen der Probe und der Ablenkeinrichtung liegt.

16. Instrument nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Ablenkeinrichtung auf einem Umfang eines Zwischenraums zwischen dem Detektor für höhere Energie und dem Detektor für niedrigere Energie liegt.

17. Instrument nach einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß das Instrument ein Rasterelektronenmikroskop ist, die geladenen Teilchen Elektronen sind, die höherenergetischen Elektronen Rückstreuelektronen sind und die niederenergetischen Elektronen Sekundärelektronen sind.

18. Verfahren zum Detektieren höherenergetischer geladener Teilchen und niederenergetischer geladener Teilchen, die von einer Probe emittiert werden, das die folgenden Schritte umfaßt:

Detektieren der höherenergetischen geladenen Teilchen mit einem Detektor für höhere Energie, Detektieren der niederenergetischen geladenen Teilchen mit einem Detektor für niedrigere Energie und Einrichten des Detektors für höhere Energie in der Weise, daß er die niederenergetischen geladenen Teilchen zum Detektor für niedrigere Energie ablenkt, und Einrichten des Detektors für niedrigere Energie in der Weise, daß er die abgelenkten niederenergetischen geladenen Teilchen detektiert.

19. Verfahren zum Detektieren höherenergetischer geladener Teilchen und niederenergetischer geladener Teilchen, die von einer Probe emittiert werden, das die folgenden Schritte umfaßt:

Detektieren der höherenergetischen geladenen Teilchen mit einem Detektor für höhere Energie, Detektieren der niederenergetischen geladenen Teilchen mit einem Detektor für niedrigere Energie und Ablenken der niederenergetischen geladenen Teilchen zu dem Detektor für niedrigere Energie mit einer Ablenkeinrichtung und Ausrichten des Detektors für niedrigere Energie auf die Ablenkeinrichtung.

20. Instrument, das von einer Probe emittierte höherenergetische geladene Teilchen und niederenergetische

geladene Teilchen detektiert, mit  
einem Detektor für höhere Energie zum Detektieren  
der höherenergetischen geladenen Teilchen,  
einem Detektor für niedrigere Energie zum Detektieren  
der niederenergetischen geladenen Teilchen; und 5  
einer Einrichtung zum Konvertieren der niederenerge-  
tischen geladenen Teilchen in neu emittierte geladene  
Teilchen, die auf den Detektor für niedrigere Energie  
gerichtet sind, wobei der Detektor für niedrigere Ener-  
gie auf die Konvertierungseinrichtung ausgerichtet ist. 10  
21. Verfahren zum Detektieren höherenergetischer ge-  
ladener Teilchen und niederenergetischer geladener  
Teilchen, die von einer Probe emittiert werden, das die  
folgenden Schritte umfaßt:  
Vorsehen eines Detektors für höhere Energie zum De- 15  
tektieren der höherenergetischen geladenen Teilchen,  
Vorsehen eines Detektors für niedrigere Energie zum  
Detektieren der niederenergetischen geladenen Teil-  
chen und  
Konvertieren der niederenergetischen geladenen Teil- 20  
chen in neu emittierte geladene Teilchen, die auf den  
Detektor für niedrigere Energie gerichtet sind, und  
Ausrichten des Detektors für niedrigere Energie auf die  
Konvertierungseinrichtung.

---

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

---

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

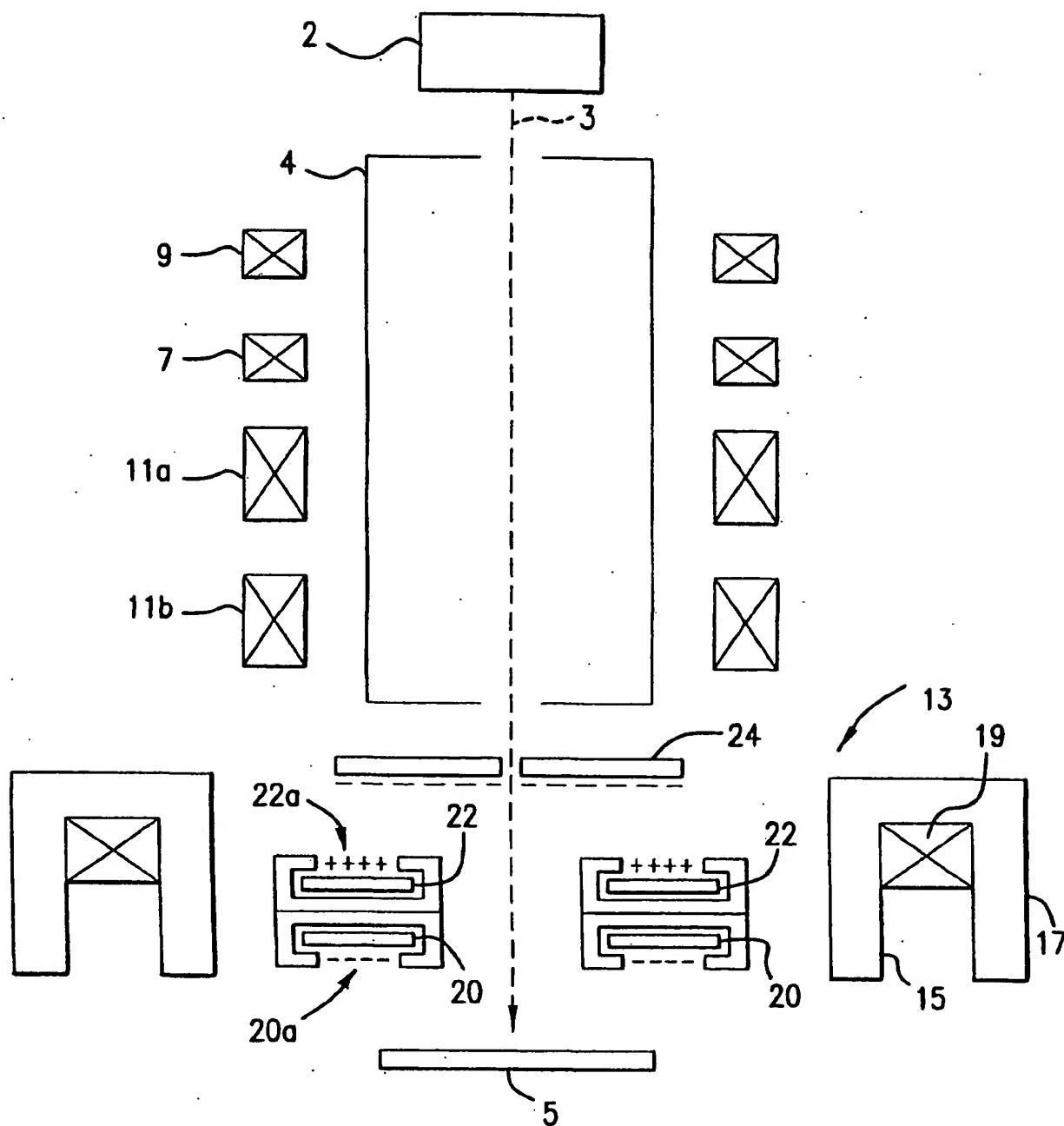


FIG.1



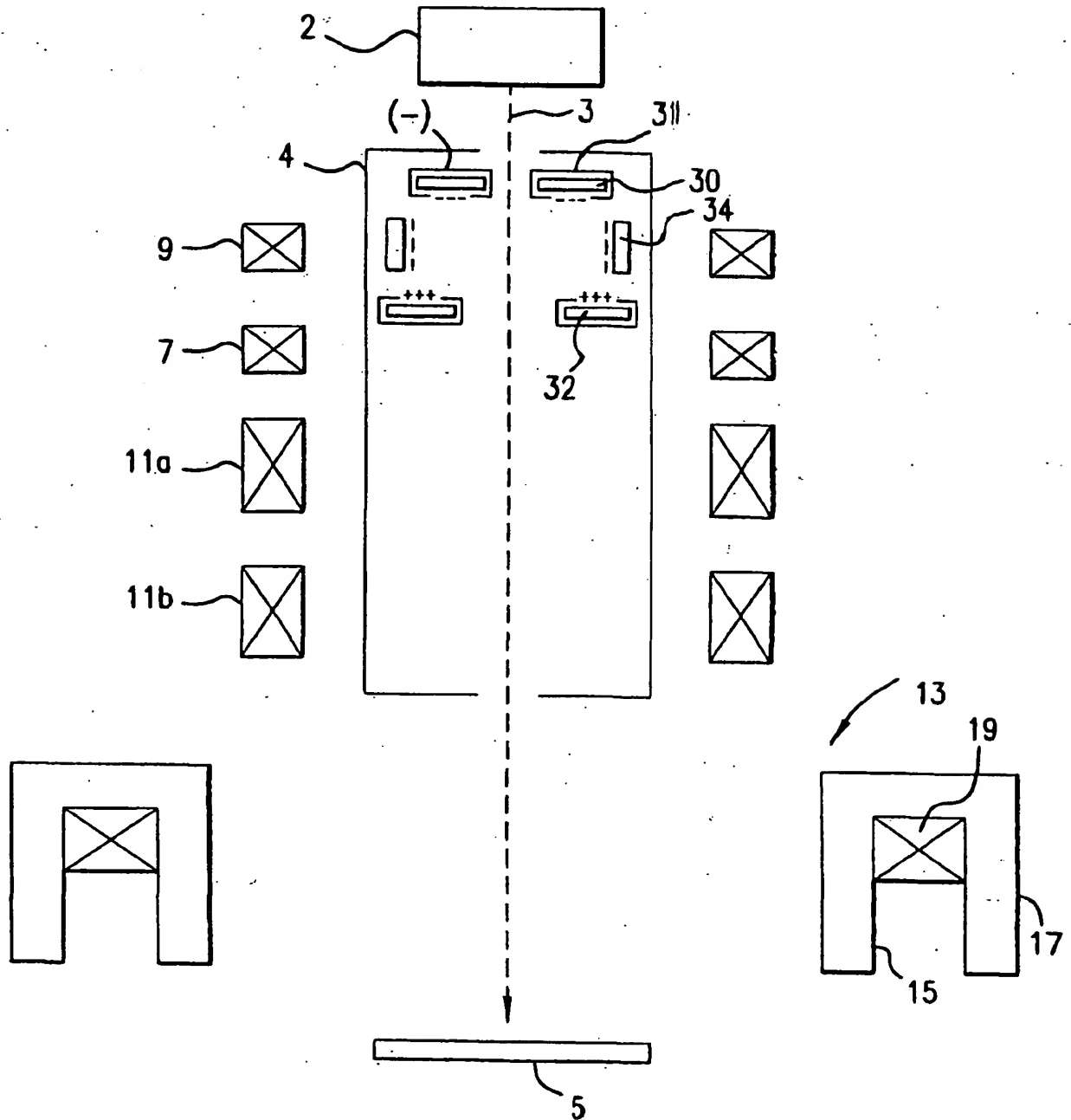


FIG. 2A

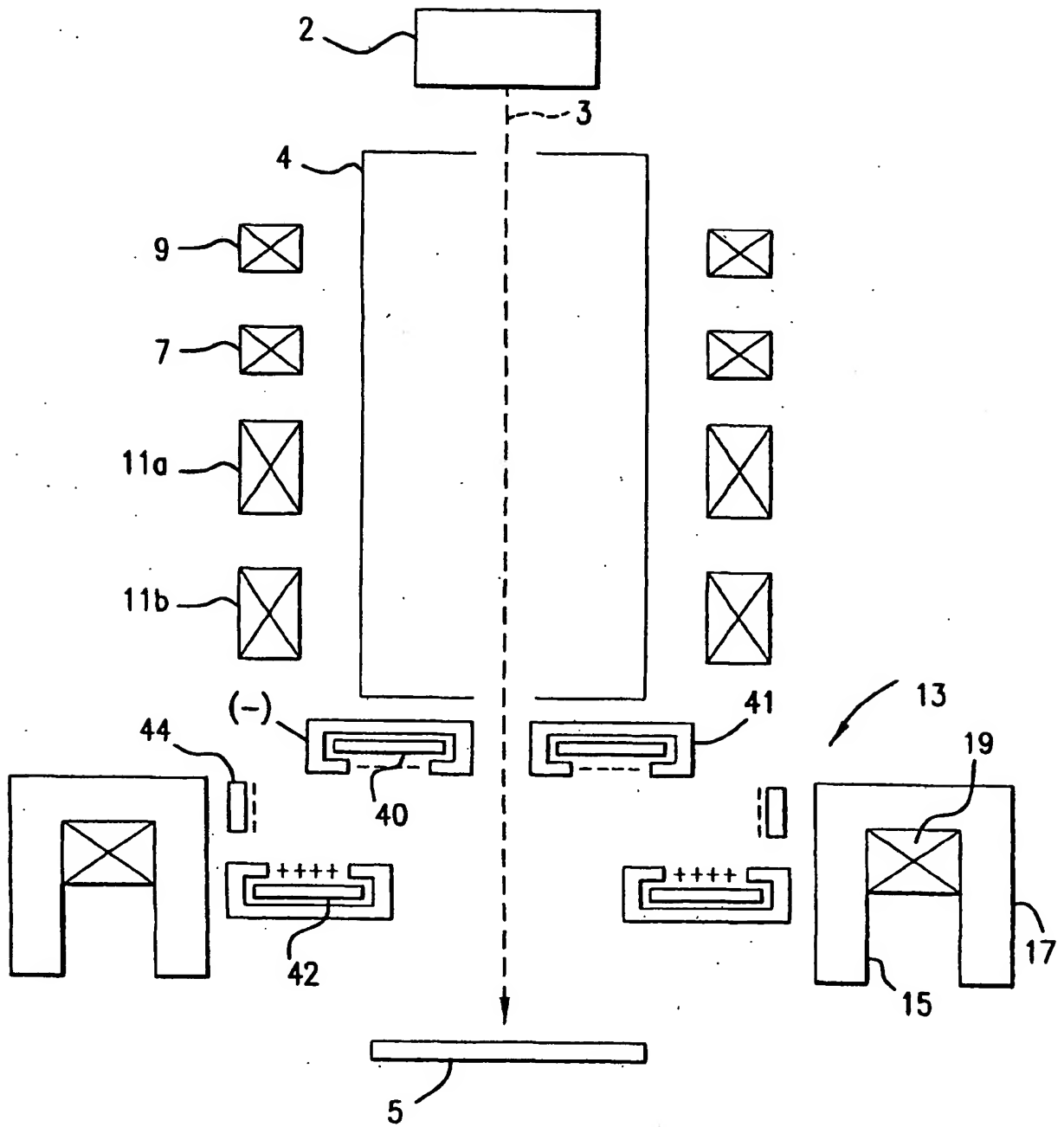


FIG.2B

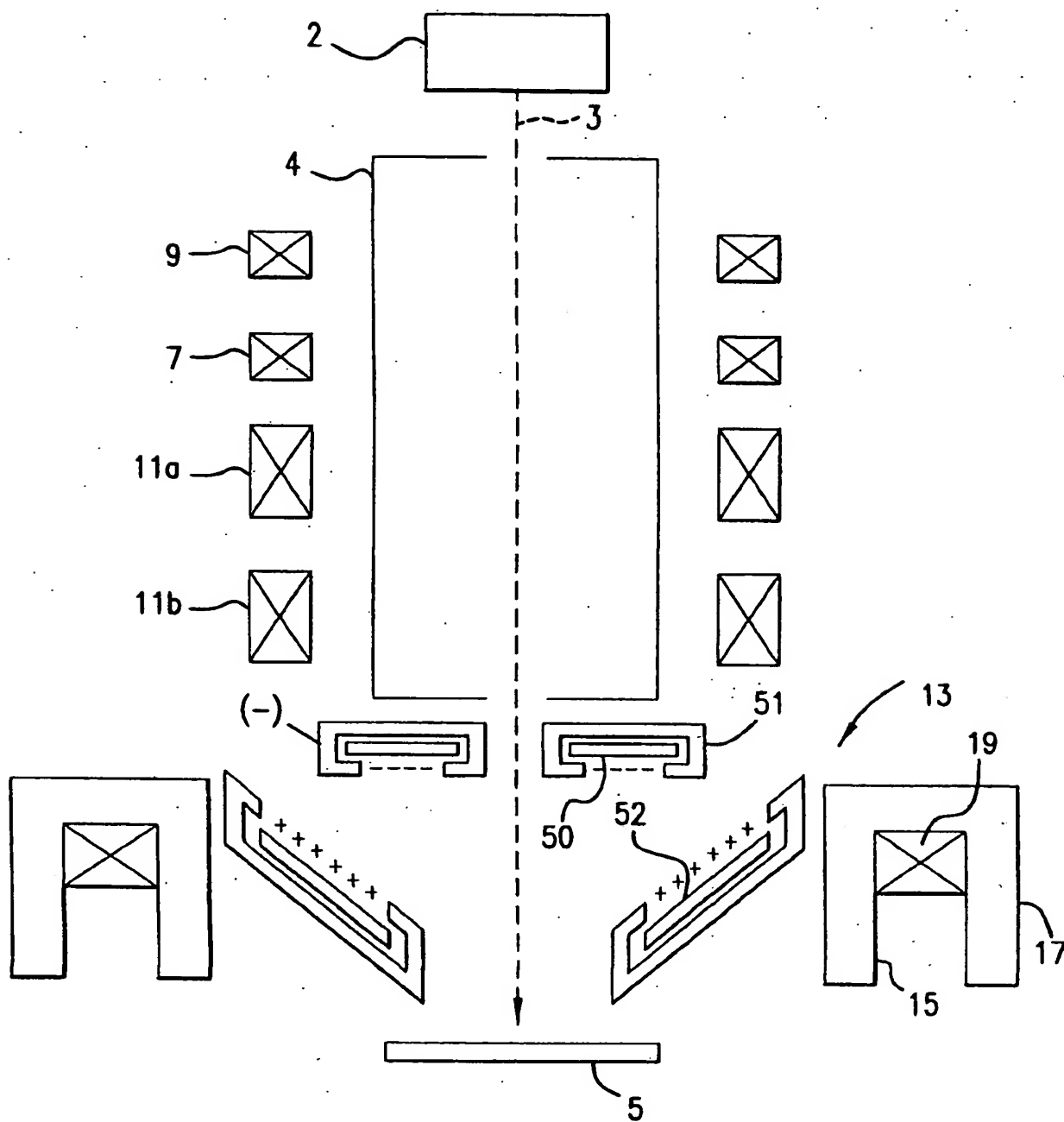


FIG.3

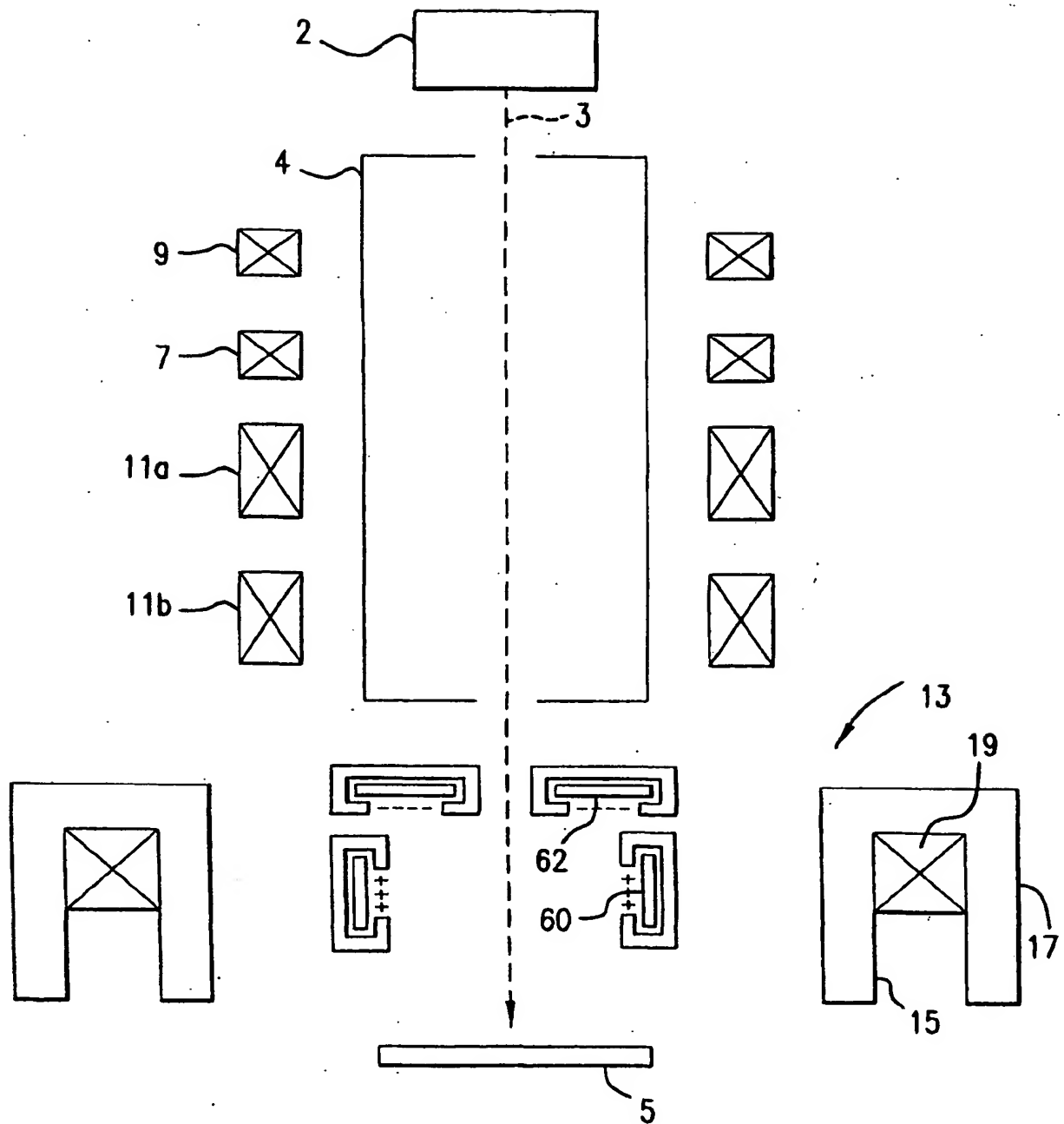


FIG. 4

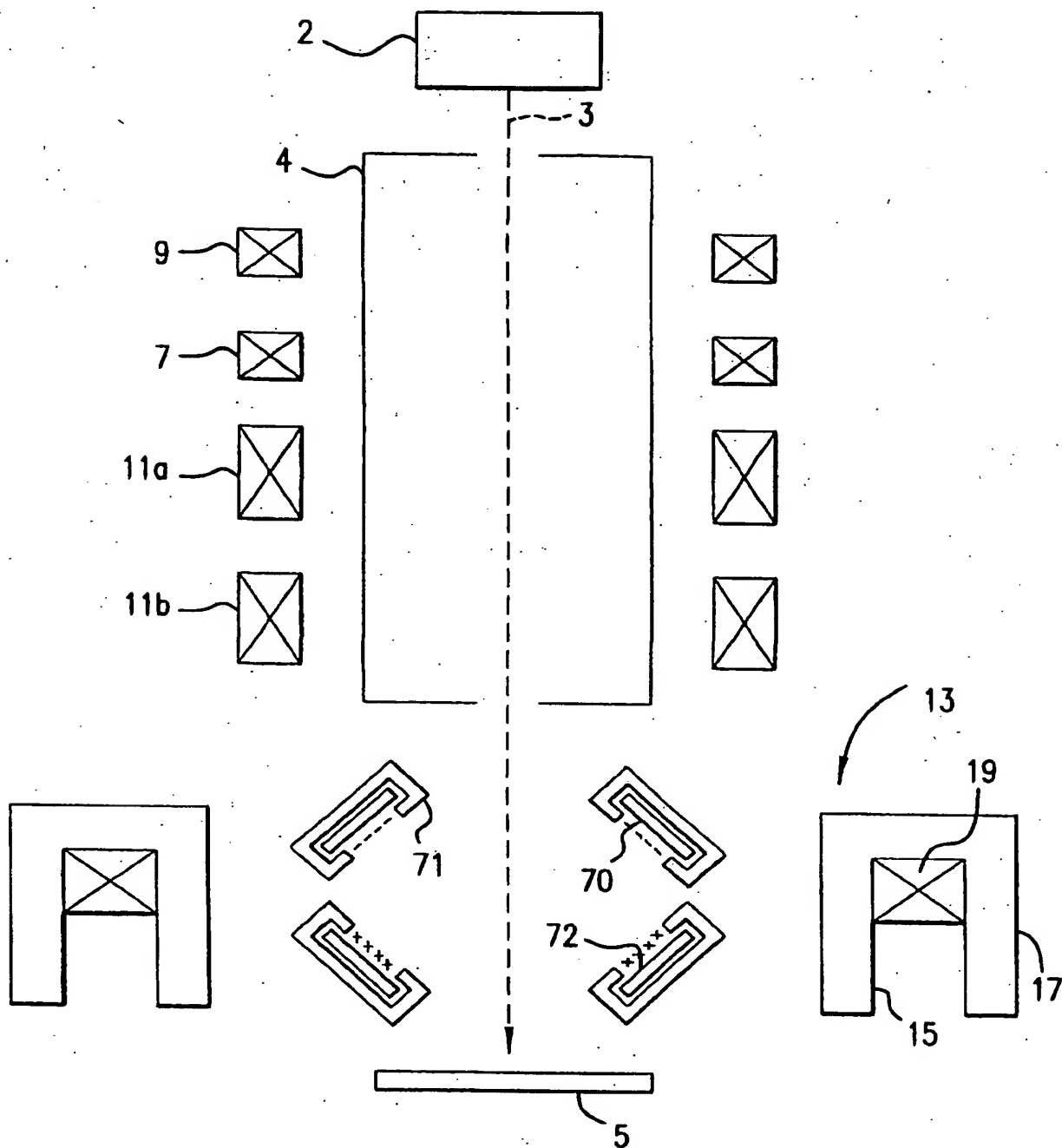


FIG.5

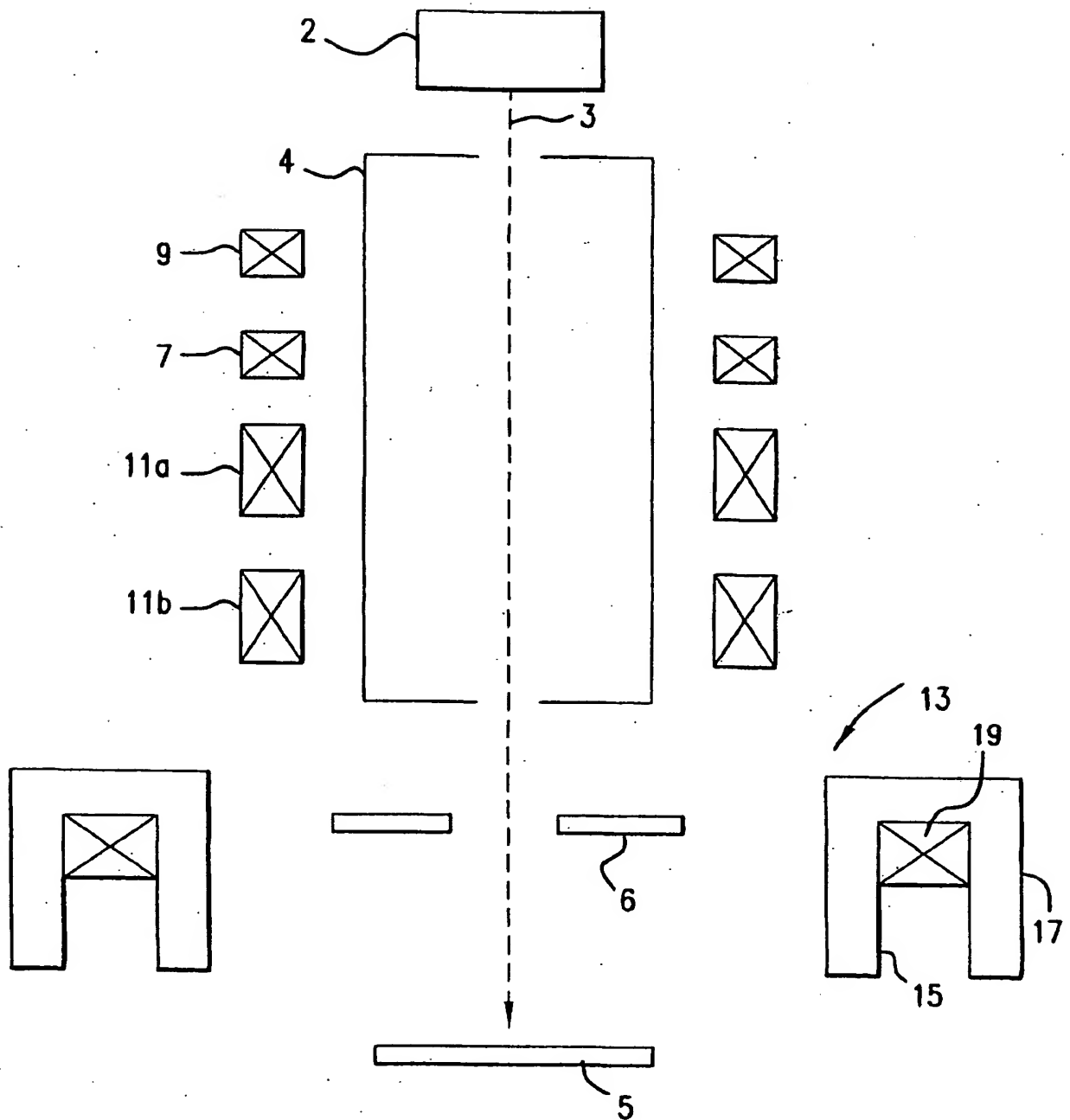


FIG.6